

Investigação de falhas de concretagem internas em elementos estruturais**Investigation of internal concrete failure in structural elements**

DOI:10.34117/bjdv6n1-314

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 28/01/2020

Northon Aldrovandi Paganella Júnior

Graduado em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário de Maringá - UniCesumar

E-mail: northonj@outlook.com

Pedro Henrique de Farias Niza

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário de Maringá – UniCesumar

E-mail: pedro_niza_@hotmail.com

Ronan Yuzo Takeda Violin

Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Instituição: Centro Universitário de Maringá – UniCesumar

E-mail: ronan.cesumar@gmail.com

RESUMO

Sob a alta demanda de construções em concreto, surgem muitas estruturas com desempenho insatisfatório, sejam falhas involuntárias dos materiais empregados em conjunto ou imperícias, ou má utilização dos materiais. Sabe-se que uma edificação com desempenho insatisfatório comprometerá sua durabilidade, além de ser um fator limitante para a vida útil da edificação. Consequentemente, as edificações se tornaram passíveis de manifestações patológicas. Esta pesquisa teve como objetivo investigar falhas de concretagem em elementos estruturais, visando o aumento de produtividade no serviço de concretagem e a ausência de falhas internas nos elementos concretados. Para tanto, o estudo verificou inicialmente as falhas internas em elementos estruturais. Em seguida, investigou possíveis causas para as falhas com ênfase na execução destes elementos, como um fator diretamente relacionado à ocorrência das falhas. Posteriormente, foi executados testes in loco simultâneo com a concretagem destes elementos e testes pós concretagem. Por fim, a presente pesquisa mostrou a influência negativa na durabilidade e resistência, comprovada pelos testes devidamente executados. Os resultados atingidos possibilitaram alertar a importância de uma investigação patológica bem como o controle tecnológico do concreto em obra. Espera-se ainda, alertar e incentivar o correto uso das técnicas de concretagem com a finalidade de evitar patologias futuras.

Palavras-Chave: Análise; Concreto; Imperfeições de concretagem.**ABSTRACT**

Under the high demand for concrete constructions, many structures appear with poor performance, whether they are unintentional failures of the materials used together or shortcomings, or misuse of the materials. It is known that a building with poor performance will compromise its durability, in addition to being a limiting factor for the building's useful life. Consequently, the buildings became susceptible to pathological manifestations. This research aimed to investigate concreting failures in structural elements, aiming at increasing productivity in the concreting service and the absence of internal failures in the concrete elements. To this end, the study initially verified the internal flaws in

structural elements. Then, it investigated possible causes for the failures with emphasis on the execution of these elements, as a factor directly related to the occurrence of the failures. Subsequently, on-site tests were carried out simultaneously with the concreting of these elements and post-concreting tests. Finally, the present research showed the negative influence on durability and resistance, proven by the tests properly performed. The results achieved made it possible to alert the importance of a pathological investigation as well as the technological control of concrete on site. It is also expected to alert and encourage the correct use of concreting techniques in order to avoid future pathologies.

Keywords: Analyze; Concrete; Concreting imperfections

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade moderna, o concreto é o material que possui maior gama de utilizações entre os materiais adotados para construção de habitações para a moradia do homem. Diante da ampla utilização, estima-se que, anualmente, o consumo deste material é cerca de 11 bilhões de toneladas de concreto, no qual, segundo a Iberoamericana Hormigón Premesclado, resulta em 1,9 toneladas de concreto por habitante anualmente (PEDROSO, 2009).

Com o crescimento de construções em concreto, surgiram também muitas estruturas com desempenho insatisfatório, em virtude de vários aspectos, desde falhas involuntárias dos materiais empregados em conjunto e imperícias, até a má utilização dos materiais. Consequentemente a isto, as edificações se tornam passíveis de manifestações patológicas.

Seguindo as causas patológicas em estruturas de concreto, para Helene (2002) cerca de 30% das falhas construtivas são devidas a materiais mal utilizados. Por outro lado, Silva (2012), compreende manifestações patológicas não somente em virtude de falta de controle dos serviços, mas também pela omissão de algumas especificações que constem em projeto e falta de cumprimento das normas técnicas.

Logo, surge a necessidade e a relevância de um controle de qualidade e planejamento da correta execução. Assim, para se evitar alguns tipos de erros na execução de estruturas de concreto, de acordo com Garcia e Liborio (1998), todos os participantes deste processo, desde o operador de vibrador até o engenheiro responsável, devem saber exatamente como executar seus serviços. A falha de uma dessas pessoas por qualquer motivo, pode causar graves erros e grandes prejuízos.

Para tanto, o artigo tem por objetivo investigar anormalidades em elementos estruturais de concreto armado com foco em falhas de concretagem decorrentes da má execução do serviço. Além disso, possui o desígnio de propor possíveis causas para as situações analisadas em elementos estruturais, como pilares e lajes, sendo eles executados em concreto usinado. Sendo assim, o artigo mostra a influência da má execução da concretagem frente às manifestações patológicas que poderão vir a surgir por consequência, visto que as manifestações patológicas afetam o desempenho e durabilidade as edificações.

Diante deste panorama, se dá a necessidade de estudo e reparo das manifestações patológicas incidentes, assim como o conhecimento da evolução dos problemas. Quanto antes identificados, menor o custo para restauro dos elementos afetados. De outro modo, é necessário um conhecimento para solução de recuperação de estruturas de forma a curá-las e impedir a reincidência do mesmo problema, visto que a incidência de manifestações patológicas está diretamente ligada a durabilidade da estrutura.

1.1 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA

A NBR 6118/2003 define durabilidade como sendo a capacidade da estrutura em resistir as influências previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Segundo Mehta (1993) e Silva Filho (1994), quando se trata de solidez e durabilidade, as estruturas dependem de dois fatores básicos: o concreto em si classificado como material compósito e, portanto, heterogêneo, e as condições de meio ambiente que circundam as estruturas - sendo que ambos os fatores exercem uma influência na durabilidade. Sendo assim, enquanto o concreto como compósito, produto de diversas etapas do processo executivo das estruturas, embora dificilmente mensurável, exercem influência na durabilidade da estrutura.

De forma geral, a durabilidade está relacionada as propriedades do material assim como sua exposição ao longo do tempo em um ambiente. Sendo assim, é fundamental para a vida útil de uma edificação. Desta forma, a vida útil da edificação, segundo a ISO 13823/2008, é definida como o período efetivo o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo.

Com base nos conceitos de durabilidade e vida útil, as estruturas devem ser projetadas e construídas de modo que, quando utilizadas, conforme as condições previstas no projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço. De acordo com Medeiros et al. (2011) o conhecimento da durabilidade e dos métodos de previsão da vida útil das estruturas são primordiais para auxiliar na previsão do comportamento do concreto em longo prazo e prevenir manifestações patológicas precoces, além de contribuir para a economia, sustentabilidade e durabilidade de estruturas.

1.2 COMPOSIÇÃO MATERIAL E OUTOS FATORES LIMITANTES DA RESISTÊNCIA

O concreto consiste em um material composto formado por ar, pasta fluida (cimento juntamente com água) e agregados miúdo (areia) e graúdo (pedra ou brita), podendo também ser acrescido de adições como pozolanas e sílica, aditivos químicos com efeito de melhorar ou modificar as propriedades básicas da mistura, pigmentos, fibras, agregados especiais ou então adições minerais.

Para tanto, de acordo com Botelho (2006), embora o concreto apresente resistência a compressão e durabilidade elevadas, também apresenta baixa resistência a tração, cujos fatores delimitam a resistência de uma estrutura. Para isto, houve a adição do aço a mistura do concreto com a finalidade de complementar os esforços o qual uma estrutura é submetida. Portanto, o concreto armado, assim chamado quando combinado com o aço, surgiu com a necessidade de complementar as qualidades da pedra e demais constituintes com as qualidades do aço, sendo assim protegido pela mistura contra corrosão.

Ainda se tratando de resistência do concreto, outro fator determinante é a relação água/cimento, ou seja, a proporção de água e de cimento à mistura. De acordo com Helene (2002), a resistência do concreto depende da natureza e de seus materiais constituintes assim como da composição ou dosagem da mistura de concreto. Seguindo o mesmo autor, há outros quatro fatores determinantes na resistência, como a composição/traço do concreto; compactação ou adensamento efetivo; cura efetiva do concreto na estrutura; cobrimento das armaduras.

1.3 A INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA

As patologias, muitas vezes são detectadas pelos próprios usuários da edificação inicialmente incomodadas pelo desconforto visual gerado. Desconfortos estéticos estes, que podem se tornar sintomas de manifestações patológicas. Para tanto, após uma patologia ser detectada, é necessária uma intervenção adequada (terapia) principalmente para casos emergenciais que acometem em elementos estruturais devido ao comprometimento do desempenho e durabilidade da edificação, sendo nestes casos podendo ocasionar a ruptura dos elementos e o colapso da edificação por consequência. Diante disto, percebe-se a indispensabilidade de estudar e investigar as patologias com a finalidade de prevenir, minimizá-las curar patologias por um profissional habilitado.

Sendo assim, a intervenção em patologias deve ser executada desde casos precoces até casos com estado de desenvolvimento avançado visto que quanto mais cedo é detectada uma enfermidade, menor será a perda de desempenho e menor custo, enquanto postergar uma terapia segundo Sitter (1983), significa elevar custos necessários numa progressão geométrica de razão igual a cinco.

Para isso, a investigação patológica utiliza de artifícios como vistorias ao local com a finalidade de identificar sistemicamente os sintomas bem como sua gravidade para a estrutura, fazer uso de testes/exames com instrumentos para verificação de possíveis causas. No entanto, neste caso, se as hipóteses levantadas ainda sejam inconclusivas, é possível levantar subsídios do local por intermédio de projetos, anotações, memoriais, contratos e cronogramas para então comparação dos dados colhidos *in loco* com a literatura recomendada.

2 MATERIAL E MÉTODOS DA INVESTIGAÇÃO

Para a investigação das falhas internas de concretagem, foram necessárias algumas etapas. De forma geral, a investigação iniciou com a definição geral de parâmetros anteriormente à etapa de concretagem, sendo realizado o levantamento de informações, definição das características de projeto do concreto para a obra, bem como a programação e viabilidade da etapa seguinte, a concretagem. Durante esta etapa, onde as peças de concreto armado foram executadas, foram também realizados testes *in loco* como o abatimento de tronco de cone segundo a NBR NM 67/1998 e a moldagem dos copos de prova seguindo a NBR 5738/2003 para a verificação de resistência da amostra aos 7 dias e outros dois moldes aos 28 dias. O teste do abatimento de tronco de cone foi realizado no próprio local da concretagem por meio de um tronco-cônico metálico de enchimento, adaptável à base superior do molde seguindo os protocolos da NBR NM 67/1998, enquanto o teste posterior foi realizado conforme a NBR 5738/2003 e também realizado *in loco*.

Consequente à concretagem, ainda investigou a presença de falhas internas de concretagem com o auxílio do teste não destrutivo de Líquido penetrante seguindo o protocolo descrito na NBR 16450/2016. Por fim, a investigação resultou, na determinação dos fatores de influência de resistência do concreto após 28 dias da amostra de concreto respectivo às concretagens de viga/laje e pilares.

A amostragem da pesquisa diz respeito a uma obra residencial de 13 pavimentos localizada no centro da cidade de Maringá – PR. O concreto usinado para a concretagem dos elementos, de acordo com as características da obra, foi definido com resistência característica de 25 MegaPascal, areia natural, britas 0 e ½, traço bombeável com abatimento 10+-2 confeccionados com cimento CP II F-40.

Com o intuito de melhorar a qualidade do concreto, o controle tecnológico do material serve para confirmar a qualidade durante e após o uso. Sendo assim, deve apresentar condições ideais tanto em estado fresco quanto em estado endurecido/curado para assim, apresentar resultados recomendáveis e satisfatórios. Para tanto, seguem os procedimentos, por ordem de execução:

Abatimento de tronco de cone, segundo recomendações da NBR NM 67/1998:

- Lavar os componentes do ensaio (tronco cônico, gola, haste metálica, concha e base metálica);
- Montar peças constituintes sob uma base nivelada geralmente com areia lavada média;
- Realizar o golpeamento em 3 (três) camadas de 25 (vinte e cinco) golpes por camada com o auxílio da haste metálica;
- Regularizar o topo do tronco de cone com o auxílio da gola;
- Remover o tronco do cone de fôrme lenta, contínua e perfeitamente vertical;

- Mensurar o deslocamento a partir do ponto mais alto da mistura até a referência do topo do cone.

Moldagem de Corpos de Prova, segundo recomendações da NBR 5738/2003:

- Colher amostra de concreto e homogeneizar a amostra com auxílio de uma colher de pedreiro;
- Verificar os moldes: devem estar limpos, sem falhas e revestido de óleo vegetal sob uma superfície nivelada;
- Realizar golpeamento em 2 (duas) camadas com 12 (doze) golpes cada uma em até 15 minutos, sem interrupções;
- Identificar corpos de prova por meio de etiquetas com data e o local de moldagem;
- Reservar corpos de prova em local protegido contra intempéries por um prazo de 24 horas.

Ensaio não destrutivo do Líquido Penetrante, de acordo com NBR 16450/2016:

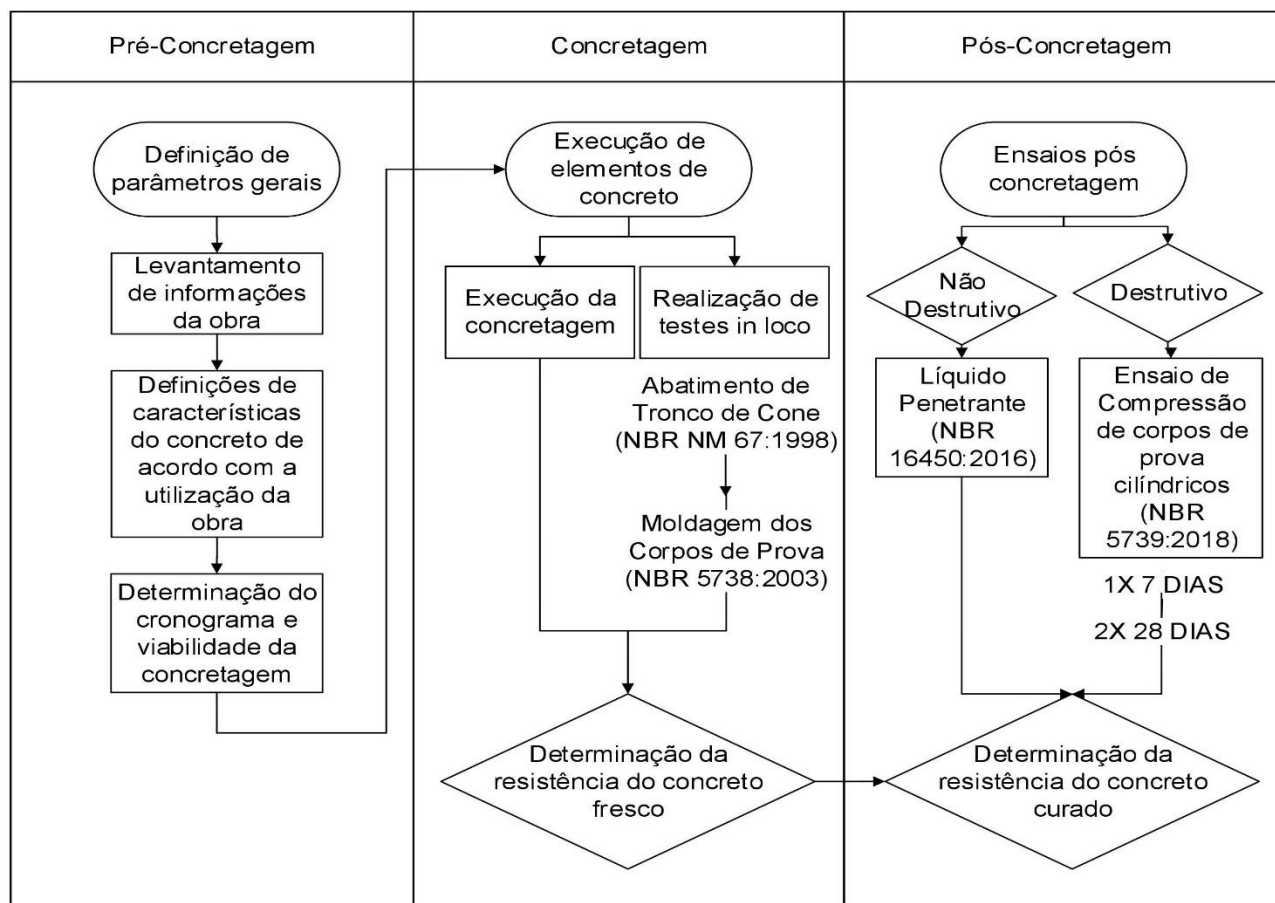
- Escovar superfície com escova de aço para remover sujeiras superficiais;
- Utilizar método corretivo detalhado para substância encontrada;
- Aplicar líquido penetrante (modelo PCG 53) por aspersão na superfície desejada;
- Aguardar o tempo de 30 minutos para o líquido penetrante agir;
- Após o líquido agir, remover o excesso com o auxílio do removedor aerossol (modelo RCG-5);
- Aplicar Líquido revelador (modelo DCG 52) de forma a completar uma leve camada homogênea;
- Aguardar o tempo de 30 (trinta) minutos para a completa eficiência do teste;
- Observar falhas internas reveladas sob a camada do líquido revelador.

Ensaio de resistência do concreto à compressão segundo recomendações da NBR 5739/2018:

- Reservar os corpos de prova, depois de moldado, em uma câmara úmida por um período preestabelecido, podendo chegar até o 28º dia, quando o concreto atinge sua resistência máxima;
- Preparar as amostras para o rompimento, realizando o nivelamento da superfície;
- Romper a amostra em prensa elétrica e digital, que será aplicada uma força gradual de compressão sendo que a força exercida é dividida pela área do topo (cm²);
- Elaborar Relatório e Laudo de rompimento, geralmente realizados pela prensa.

Para melhor análise dos resultados, todas as etapas analisadas seguem descritas na Figura 1, que permite uma análise global sobre os procedimentos aplicados à amostragem da investigação de imperfeições de concretagem.

Figura 1: Etapas da análise investigativa



Fonte: Autor (2019)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a investigação de falhas internas de concretagens em elementos estruturais, o presente artigo limitou-se à concretagens dos principais elementos estruturais: lajes, vigas e pilares, excluindo outros elementos presentes em edificações de concreto armado. Adiante, serão abordados os principais elementos estruturais, indispensáveis em construções de concreto armado não somente de pequeno porte, mas também em obras de grande porte.

Para tanto, é necessário entender sua função para então observar uma estrutura de concreto armado de forma sistêmica, compreendendo que o concreto armado é um elemento composto por componentes individuais que interagem entre si possibilitando assim as características desejáveis.

As lajes, de acordo com Pinheiro et al. (2010), são elementos estruturais que recebem as cargas devido ao uso da mesma maneira que as cargas permanentes sendo posteriormente transferidas aos

apoios, os quais tem função de travar o pilar e distribuir as ações horizontais entre os elementos. Elas recebem maior parte das cargas aplicadas na construção (móveis, pessoas, paredes). As ações sob o qual estão submetidas se subdividem em distribuídas em área (peso próprio, revestimento de piso), distribuídas linearmente (paredes) ou concentradas (pilar apoiado sobre a laje). Essas ações, então, são transferidas para vigas de apoio ou então diretamente aos pilares (BASTOS, 2006).

Consequentemente, as vigas também são sujeitas a cargas. Sendo assim, devem suportar além de seu peso próprio e tem função de servir de apoio para as lajes ou então para outras vigas dispostas sobre elas. Sendo assim, as lajes descarregam cargas distribuídas sobre as vigas, e as vigas que se apoiam em outras vigas ocasionam a carga. Ao realizar o somatório das cargas distribuídas atuantes nas vigas observa-se que elas incluem além das cargas da laje, o peso próprio das vigas e as cargas da parede, localizadas sobre a viga (ADÃO, et al., 2010).

A partir das vigas, os mesmos esforços ainda são transferidos para os pilares. Os pilares visam absorver todas as cargas verticais que atuam sobre um pavimento de um prédio (LEONHARDT, et al., 1982). Ainda de acordo com o autor, os pilares são os únicos elementos estruturais que tem continuidade ao longo da prumada de uma obra. Para tanto, a única armadura exposta após uma concretagem é a destinada a receber a amarração da armadura do próximo pilar. Etapa esta, reiniciada após sucessivas concretagens. O processo de transmissão de cargas ainda segue para as fundações, elementos estruturais com o objetivo de transmitir os esforços acometidos à estrutura ao solo de forma segura.

A concretagem da laje realizada no dia 09/05/2019 diz respeito à laje do 11º pavimento tipo enquanto os pilares, concretados no dia 29/05/2019, representam aos pilares que nascem no 11º pavimento tipo e encerram na laje do 12º pavimento tipo.

Tomados como realizados os ensaios *in loco* - de abatimento de tronco de cone e moldagem de corpos cilíndricos - realizados durante a concretagem, são obtidos os resultados da etapa pós concretagem por meio dos ensaios do líquido penetrante e ensaio de resistência à compressão. O teste de líquido penetrante foi executado em 3 amostras de concretagem por caminhão de concretagem, totalizando em 21 (vinte e um) copos de prova, sendo 15 (quinze) relativos à concretagem da laje e 6 (seis) corpos de prova da concretagem dos pilares.

O Quadro 1 mostra os resultados obtidos pelo ensaio de resistência à compressão. O ensaio foi realizado com prensa à compressão de marca EMIC modelo PCE100C de capacidade 100.000 kgf. Os resultados alcançados pela prensa com o rompimento dos corpos de prova sendo o primeiro aos 7 dias após a concretagem e os dois restantes aos 28 dias. Para uma comparação mais eficaz, foi realizado a média aritmética entre os dois corpos de prova, ambos rompidos aos 28 dias. Sendo assim, os números conquistados pelo ensaio foram posteriormente comparados ao solicitado em projeto.

Quadro 1: Resultados do ensaio à compressão

Elemento estrutural	Número de série	Resistência característica de projeto (Mpa)	Resistência característica real (Mpa)			
			7 dias	28 dias		
				1°	2°	Média
Laje	267	25	15,3	26,8	22,3	24,5
	268	25	20	25,3	25,7	25,5
	269	25	16,7	22,1	23,7	22,9
	270	25	18,2	26,7	26	26,3
	271	25	16,2	25,5	24	24,7
Pilares	272	25	15,7	20,5	20,9	20,7
	273	25	15,8	20,8	18,9	19,8

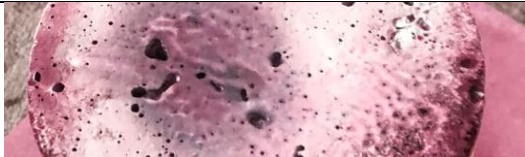
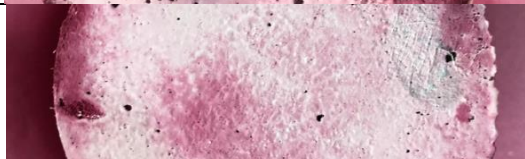
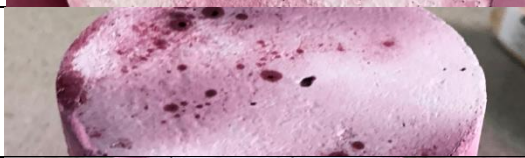

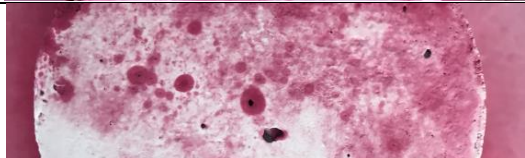
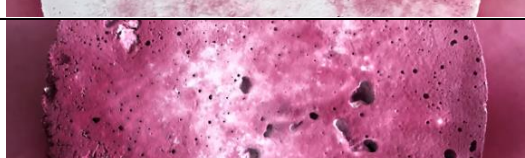

Fonte: Autor (2019)

No entanto, os dados revelaram, além da resistência do concreto obtida aos 7 dias, alguns resultados insatisfatórios ao 28º dia. Enquanto o valor da resistência característica solicitada em projeto seria de 25 MegaPascal, os números aos 28 dias, obtidos por média aritmética, permaneceram em sua maioria abaixo do esperado. Sabido da importância de uma boa execução e da relação de resistência e desempenho de uma edificação, foi indispensável investigar a causa do valor insatisfatório obtido pelo ensaio de resistência à compressão e, portanto, foi possível detectar a presença de falhas internas de concretagem.

A resistência do concreto é fortemente relacionada com a porosidade dele, uma vez que somente os elementos sólidos resistem aos esforços. Uma das formas em que a porosidade pode ser distribuída a uma mistura, segundo Mehta e Monteiro (1994), é na forma de poros de ar incorporado de forma esférica, que resultam na redução de resistência e aumento da permeabilidade da mistura podendo ocasionar uma patologia futuramente. Ainda segundo o autor, a incorporação de ar durante a concretagem ocasiona falhas de concretagens, geralmente por má vibração da mistura de concreto.

Portanto, a investigação da presença de falhas internas de concretagem dos pilares e laje analisados foram possíveis com o complemento do ensaio do líquido penetrante, como mostra o Quadro 2. O teste, utilizado sob forma visível, com recomendações descritas na NBR 16450/2016, teve por objetivo revelar as falhas de concretagem de acordo com o líquido penetrante de cor vibrante previamente aplicado à amostra limpa sob um líquido revelador de cor branca. O intuito do ensaio foi observar a intensidade da cor do líquido penetrante sob a camada de líquido revelador aplicada. Quanto mais vibrante uma determinada região da amostra, maior a probabilidade de ocorrência de imperfeições de concretagem na amostra da investigação. Além disso, a execução deste teste permitiu também analisar a porosidade da amostra do concreto.

Quadro 2 – Inspeção visual do líquido penetrante

Elemento estrutural	Número de série	Tempo de ação (minutos)		Inspeção Visual
		Líquido penetrante	Revelador	
Laje	267	30	15	
	268	30	15	
	269	30	15	
	270	30	15	
	271	30	15	
Pilares	272	30	15	
	273	30	15	

Fonte: Autor (2019)

Como se pode observar, o tempo de ação dos líquidos penetrante de trinta minutos e revelador de quinze minutos padrões para todos os copos de prova de ambas concretagens, ainda se notou a presença de uma cor mais intensa sob o líquido revelador nos corpos de prova série N° 272 e N° 273 respectivos à concretagem dos pilares. O resultado a cor intensa é relacionado à presença de falhas internas da amostra. As falhas, por sua vez, são decorrentes da incorporação de ar à mistura, descrito por Mehta e Monteiro (1994) como fatores que caracterizam porosidade à amostra e ainda resistência inferior. Para tanto, uma boa execução dos elementos estruturais asseguraria a resistência à compressão suficiente e satisfatória ao projeto.

4 CONCLUSÃO

O completo entendimento das relações de causa e efeito de uma um problema é pautado pelo diagnóstico de problema. Para se obter um diagnóstico é preciso preliminarmente investigar causas, mecanismos de ocorrência e origens a fim de caracterizar o problema através de dados conhecidos. Vale ressaltar ainda que, a partir de um diagnóstico, impulsionado por uma investigação, se obtém dados que guiarão na melhora de determinado produto ou serviço visando a melhoria de qualidade. Entendido a influência dos problemas em elementos estruturais de concreto armado, os resultados desta pesquisa mostram a relevância da investigação patológica para a sociedade e mostra a magnitude da necessidade do controle tecnológico do concreto visto que a durabilidade de uma estrutura está relacionada não somente a propriedades do material em si mas também sua exposição ao longo do tempo em um ambiente.

Para tanto, o estudo verificou inicialmente as falhas internas em elementos estruturais. Em seguida, investigou possíveis causas para as falhas com ênfase na execução destes elementos, como um fator diretamente relacionado à ocorrência das falhas. Posteriormente, foi executado testes *in loco* simultâneo com a concretagem destes elementos e testes pós concretagem. Por fim, a presente pesquisa define as falhas observadas como vazios devido a incorporação de ar decorrentes de defeitos de concretagem por má execução, concluindo que o ar incorporado tem uma influência negativa na durabilidade e resistência, comprovada pelo rompimento dos corpos de prova de acordo com regulamentações vigentes.

REFERÊNCIAS

- ADÃO, Francisco X. & HEMERLY, Adriando C. Concreto Armado: **Cálculo Prático e Econômico**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16450**: Ensaio não destrutivos – Líquido Penetrante – Qualificação de procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- BASTOS, Paulo S. dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo. 2006.

- BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006, p. 34
- GARCIA, C. C.; LIBORIO, J. B. L. **A incidência de patologias geradas pela falta de controle e de qualidade e dos canteiros de obras**. 1998. 295 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo: São Paulo, 1998.
- HELENE, P. **A nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto**. [S.I.]: [s.n.], [20,40], p. 02, 2002
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **General Principles on the Design of Structures for Durability**. ISO 13823. Geneva: ISO/TC, 2008.
- LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de Concreto** v. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 1982.
- MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O.; HELENE, P. R. L. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 22
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1ª Ed. São Paulo. PINI, 1994. 580 p.
- MEHTA, P. K. **Durability of Concrete – Fifty Years of Progress?** In: Seminário Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto. (Anexo aos Anais). Porto Alegre, NORIE/CPGEC/UFRGS, 1993. 33P.
- PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Instituto Brasileiro do Concreto. Curitiba, v.1 n. 1 p. 7-80, 2009.
- PINHEIRO, MUZARDO, SANTOS, CATOIA & CATOIA, Líbano M, Cassiane D., Sandro P., Thiago & Bruna. **Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2010.
- SILVA, B. C. **Investigação de manifestações patológicas em alvenarias de edifícios multipavimentos por meio de registros de assistência técnica**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- SILVA FILHO, L. C. P. **Durabilidade do Concreto à Ação de Sulfatos: Análise do Efeito de Penetração de Água e da Adição de Microsílica**. 1994. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- SITTER, W. R. **Cost for service optimization the “Law of Fives”**. Comitê Euro International du Beton – CEB. Copenhagen, Denmark, n. 152, p.131 - 134, 1983.